

(3)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Übersetzung der
europäischen Patentschrift

37 EP 0 287 032 B1

10 DE 38 55 021 T 2

51 Int. Cl.°:
G 01 S 3/78
G 01 B 11/27
B 23 K 26/04

- | | | |
|----|---|--------------|
| 21 | Deutsches Aktenzeichen: | 38 55 021.0 |
| 36 | Europäisches Aktenzeichen: | 83 105 807.7 |
| 38 | Europäischer Anmeldetag: | 12. 4. 88 |
| 37 | Erstveröffentlichung durch das EPA: | 19. 10. 88 |
| 37 | Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: | 28. 2. 96 |
| 37 | Veröffentlichungstag im Patentblatt: | 18. 7. 96 |

30 Unionspriorität: 20 23 31
13.04.87 JP 90189/87 11.07.87 JP 172090/87

73 Patentinhaber:
NEC Corp., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

72 Erfinder:
Kunitsugu, Michimasa-NEC Corporation, Tokyo, JP

54 Optisches Ausrichtungssystem

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 38 55 021 T 2

DE 38 55 021 T 2

EP-B-0 287 032
(88 10 5807.7)
NEC CORPORATION
u.Z.: X 475 EP

5
Optisches Ausrichtungssystem

Die Erfindung betrifft ein optisches Ausrichtungssystem, das für ein optisches Kommunikations- bzw. Übertragungssystem oder eine Laserbearbeitungsvorrichtung anwendbar ist, und insbesondere ein optisches Ausrichtungssystem zum Ausrichten der optischen Achsen mehrerer Strahlen mit einer jeweils anderen Wellenlänge auf eine vorbestimmte Position.

Bei einer optischen Ausrichtung der beschriebenen Art ist es allgemeine Praxis, die Positionen eines Lasers, einer Linse, von Spiegeln usw. im Stadium der Herstellung einzustellen, so daß die optische Achse eines Laserstrahls, der zur Übertragung oder Bearbeitung geeignet ist, mit einer gewünschten Achse ausgerichtet werden kann. Beispielsweise muß bei einer Laserbearbeitungsvorrichtung, die einen Laserstrahl zum Bearbeiten eines Werkstücks und einen sichtbaren Meßstrahl zum Beobachten eines Punkts des in Bearbeitung befindlichen Werkstücks und mit einer gegenüber dem Bearbeitungsstrahl unterschiedlichen Wellenlänge verwendet, eine Linse, Spiegel, ein Strahlteiler so positioniert sein, daß die optischen Achsen der beiden Strahlen ausgerichtet werden und dadurch ein unter Beobachtung stehender Punkt mit einem Punkt, der tatsächlich bearbeitet wird, in Übereinstimmung gebracht wird. Ein bereits bekanntes Problem besteht darin, daß die Positionen der optischen Achsen des Bearbeitungs- und des Meßstrahls die Tendenz haben, aufgrund der Bewegung der Optik, die durch Temperaturveränderung und Alterung bewirkt wird, und aufgrund von Störungen eines Lasermediums, die durch Wärme bewirkt werden, voneinander abzuweichen, was zu einer mäßigen Bearbeitungsgenauigkeit führt.

35
Ferner ist es bei bidirektionaler optischer Übertragung zwischen Satelliten oder zwischen Satelliten und einer Erdsta-

tion, die Lichtstrahlen verschiedener Wellenlängen als Übertragungssignale verwendet, erforderlich, daß verschiedene konstruktive Elemente mit einer hohen Genauigkeit positioniert werden, weil die Sende- und die Empfangsstation sehr weit voneinander entfernt liegen. Sollte in diesem Fall außerdem die optische Achse eines Übertragenen Strahls oder die eines empfangenen Strahls aufgrund von Veränderungen der Positionen einer Linse, von Spiegeln oder anderen optischen Elementen, die in einem Satelliten oder einer Erdstation installiert sind, verschoben werden, würde die Übertragung praktisch versagen.

Wescon Technical Papers, Vol. 15, August 1971, S. 6/2.1 bis 6/2.7, North Hollywood, Kalifornien, USA, A.R.Kramer, "Acquisition and angle tracking of laser communication links" offenbart die Erfassung und Verfolgung zwischen einem SYNC-Satelliten und einen LEO-Satelliten unter Verwendung eines Signallaserstrahls bzw. eines Übertragungslaserstrahls, die an den anderen Satelliten übertragen werden. Somit wird auf beiden Seiten der Strahl vom jeweils anderen Satelliten erfaßt, und der Bestimmungs-/Verfolgungspositionierer wird mit dem ermittelten Ergebnis gesteuert.

Es ist deshalb eine Aufgabe der Erfindung, ein optisches Ausrichtungssystem bereitzustellen, das in der Lage ist, die Achsen von Strahlen mit verschiedenen Wellenlängen automatisch auf eine vorbestimmten optischen Achse auszurichten.

Diese Aufgabe wird mit einem optischen Ausrichtungssystem gemäß den Ansprüchen gelöst.

Es ist ein weiterer Vorteil der Erfindung, ein optisches Ausrichtungssystem bereitzustellen, das ein erneutes Ausrichten der optischen Achsen durch einen Bediener nicht mehr erforderlich macht.

Es ist ein weiterer Vorteil der Erfindung, ein optisches Ausrichtungssystem bereitzustellen, das in der Lage ist, die Verschiebung von optischen Achsen, die auf die Verschiebung einer Linse, eines Spiegels oder anderer optischer Elemente aufgrund von Temperaturänderung oder Alterung oder auf die Störung von Lichtquellen aufgrund von Wärme zurückzuführen ist, automatisch zu korrigieren.

Die Erfindung wird durch die nachstehende ausführliche Beschreibung mit Bezug auf die beigelegten Zeichnungen besser verständlich. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild eines Satellitenübertragungssystems, auf das die Erfindung angewendet wird;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Strahlpositionssensors gemäß Fig. 1;

Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild eines spezifischen Aufbaus einer Steuerschaltung gemäß Fig. 1;

Fig. 4 ein schematisches Blockschaltbild, das einen weiteren spezifischen Aufbau der Steuerschaltung darstellt;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Treibers gemäß Fig. 1 zusammen mit einer Laserdiode;

Fig. 6 ein Diagramm, das die Ausgangswellenform eines Halbleiterlasers darstellt, der von dem Treiber gemäß Fig. 5 getrieben wird;

Fig. 7 ein Blockschaltbild einer Laserbearbeitungsvorrichtung, für die die Erfindung verwendet wird;

Fig. 8 ein Diagramm, das eine Ausgangssignalwellenform eines A-O- bzw. akustisch-optischen Modulators gemäß Fig. 7 darstellt.

In Fig. 1 der Zeichnungen ist ein erfindungsgemäßes optisches Ausrichtungssystem mit bidirektionaler Übertragung zwischen geostationären Satelliten ausgeführt, die sich in einer Umlaufbahn 50 bis 80 000 km voneinander entfernt befinden. In der Figur sind Teile, die nicht zur optischen Übertragung gehören, aus Gründen einer einfacheren Darstellung weggelassen.

Wie dargestellt, weist der Satellit 100 einen Datengenerator 1 zum Erzeugen einer Bitfolge von logischen EINSEN und NULLEN oder digitalen Übertragungsdaten auf, die mit einer Bitrate von 50 Mb/s auftreten. Ein Treiber 2 versorgt einen Halbleiterlaser mit einem Treibstrom, der eine Komponente enthält, die durch Amplitudenmodulation der Bitfolge mit einem Analogsignal mit einer Frequenz f_1 (z.B. 1 kHz) entstanden ist, die niedriger ist als die Bitrate der Bitfolge. Der Halbleiterlaser 3, der in einem optischen Transmitter enthalten ist, wandelt den Treibstrom in eine Folge von optischen Signalen.

len um, die eine Frequenzkomponente f_1 enthält. Die Laserwellenlänge des Lasers beträgt z.B. $0,83 \mu\text{m}$. Der optische Transmitter 3 weist auch eine Übertragungsoptik zum Umwandeln des Laserstrahls in einen Parallelstrahl auf. Die Bezugszeichen 4 und 5 bezeichnen jeweils einen dichroitischen Spiegel und einen optischen Empfänger. Der dichroitische Spiegel 4 reflektiert den Parallelstrahl und wandelt ihn in einen zum Satelliten 200 laufender Strahl a (gestrichelte Linie) um. Ein vom Satelliten 200 kommender Strahl b (durchgezogene Linie) mit einer Wellenlänge von $0,78 \mu\text{m}$ wird beinahe vollständig vom dichroitischen Spiegel 4 durchgelassen, um den Empfänger 5 zu erreichen, der den empfangenen Strahl in ein elektrisches Signal umwandelt, dann Übertragungsdaten ermittelt und dann die Daten verarbeitet.

Der Satellit 200 weist einen Datengenerator 6 zum Erzeugen von Übertragungsdaten auf, die an den Satelliten 100 zu übertragen sind und eine Bitrate von 50 Mb/s haben. Der Treiber 7 erfüllt ähnliche Funktionen wie der Treiber 2 des Satelliten 100. Der Treiber 7 treibt einen Halbleiterlaser mit einem Treibstrom, der eine amplitudenmodulierte Bitfolge enthält, die durch Amplitudenmodulation einer Bitfolge von 50 Mb/s mit einem Analogsignal der Frequenz f_2 , z.B. 10 kHz , erzeugt wird, die höher ist als die Frequenz f_1 . Der Halbleiterlaser, der in einem optischen Transmitter 8 enthalten ist, erzeugt eine Folge von optischen Signalen, die eine Komponente mit der Frequenz f_2 enthalten. Der Laser emittiert Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von $0,78 \mu\text{m}$. Im Satelliten 200 ebenfalls enthalten sind X-Y-getriebene Spiegel 9 und 11, ein dichroitischer Spiegel 10, der zusammen mit einem Eckenwürfel bzw. Tripelspiegel 12 und einem dichroitischen Spiegel 13 zwei Strahlen multiplexiert, und ein optischer Empfänger 17 zum Ermitteln von Übertragungsdaten aus einem Laserstrahl, der vom Satelliten 100 emittiert wird. Ferner sind im Satelliten 200 ein Strahlpositionssensor 14 und Steuerschaltungen 15 und 16, die dazu dienen, die Achse des vom Satelliten 100 kommenden Strahls a (gestrichelte Linie) und die Achse des Übertragungsstrahls b (durchgezogene Linie) automatisch zur Mitte des Sensors zu steuern.

Obwohl in Fig. 1 ein Block 20 enthalten ist, der Vorwärtseinstellschaltung genannt wird, ist diese Schaltung für geostationäre Satelliten nicht erforderlich und wird später für den Fall beschrieben, bei dem ein Satellit sich relativ zum anderen bewegt.

Im Satelliten 200 wird der Strahl b vom Transmitter 8 über den Spiegel 9, den dichroitischen Spiegel 10 und den Spiegel 11 zum dichroitischen Spiegel 4 und zum Empfänger 5 im Satelliten 100 geleitet. Gleichzeitig wird ein Teil des Strahls b, der durch den dichroitischen Spiegel 10 läuft, von einem Reflektor (Tripelspiegel) 12 und dem dichroitischen Spiegel 10 reflektiert und dann durch den dichroitischen Spiegel 13 geführt, um den Strahlpositionssensor 14 zu erreichen. Andererseits wird der Ausgangsstrahl a des Transmitters 3, der aus einer Folge von optischen Signalen mit einer Frequenzkomponente f_1 besteht, durch den dichroitischen Spiegel 4, den Spiegel 11 und die dichroitischen Spiegel 10 und 13 geleitet, um teilweise auf dem Strahlpositionssensor 14 und teilweise auf dem Empfänger 17 aufzutreffen.

Der dichroitische Spiegel 10 reflektiert 99,5 % des Strahls b, der vom Transmitter 8 abgegeben wird, und hat eine Wellenlänge von $0,78 \mu\text{m}$, wobei die restlichen 0,5 % hindurchlaufen. Der dichroitische Spiegel 10 läßt fast den gesamten Strahl a mit der Wellenlänge $0,83 \mu\text{m}$ durchlaufen, der vom Spiegel 11 reflektiert wird, während der gesamte Strahl vom Reflektor 12 reflektiert wird. Ferner überträgt der dichroitische Spiegel 13 fast den gesamten vom Transmitter 8 kommenden Strahl b, läßt 20 % des Strahls a durch und reflektiert 80 % des zum Empfänger 17 laufenden Strahls a. Ausführliche Informationen über derartige dichroitische Spiegel findet man in William L. Gasay "Design of a wideband free-space lasercommunication transmitter", SPIE Vol. 616, Optical Technologies for Communication Satellite Applications, 1986.

In Fig. 2 ist ein spezifischer Aufbau des Strahlpositionssensors 14 dargestellt. Wie dargestellt, besteht der Strahlpositionssensor 14 aus einer Sammellinse 141 zum Umsetzen eines Einfallswinkels eines Strahls in eine Positionsverschiebung eines Brennpunkts, einer viertelstrahlempfindlichen

Vorrichtung 142, die mit vier Siliziumfotodioden ausgeführt ist, zum Umwandeln von Strahlpositionen in elektrische Signale, die mit der X- und der Y-Koordinate verbunden sind. Im einzelnen hat die strahlempfindliche Vorrichtung 142 vier strahlempfindliche Bereiche, die so definiert sind, daß die Grenzen der Nahbereiche jeweils 45° relativ zur X- und Y-Koordinate geneigt sind. Wenn der Lichtstrahl auf den Mittelpunkt der X- und Y-Koordinate auftrifft, sind die Ausgangssignale X^+ , X^- , Y^+ und Y^- der strahlempfindlichen Vorrichtung 142 einander gleich. Es wird angenommen, daß aufgrund der Abweichung des Lichtstrahls a, der vom Satelliten 100 zum Satelliten 200 emittiert wird, die optische Achse des Strahls a vom Mittelpunkt der X- und Y-Koordinate der lichtempfindlichen Vorrichtung 142 verschoben wird. Dann ändern die Ausgangssignale X^+ , X^- , Y^+ , Y^- , die mit dem Strahl a verbunden sind, der die Frequenzkomponente f_1 aufweist, ihre Intensität entsprechend der Verschiebung von der Mitte der X- und Y-Koordinate. Die Steuerschaltung 15 extrahiert über Filter Frequenzkomponenten f_1 aus dem Ausgangssignal X^+ , X^- , Y^+ , Y^- und steuert den Spiegel 11 über einen Spiegeltreiber, so daß die Achse des Strahls a mit dem Mittelpunkt der X- und Y-Koordinate übereinstimmt. Ebenso wirken die Steuerschaltung 16, der Spiegeltreiber 19 und der Spiegel 9 zusammen, um die Achse des Strahls b zu steuern, der vom Transmitter 8 abgegeben wird. Für den Fall, daß die Strahlen a und b gleichzeitig auf den Strahlpositionssensor 14 einfallen und eine um mehr als 20 dB unterschiedliche Intensität haben, ist es schwierig, aus den Ausgangssignalen des Sensors 14 eine Signalfrequenzkomponente zu ermitteln, die zu einem Strahl gehört, der weniger intensiv ist als die anderen. In einem solchen Fall muß der Strahl, der eine größeren Intensität als der andere aufweist, durch ein optisches Dämpfungsglied abgeschwächt werden.

Durch die oben beschriebene Steuerung werden die optischen Achsen der Strahlen a und b von den Transmittern 3 und 8 einzeln mit dem Mittelpunkt der X- und Y-Koordinate des Strahlpositionssensors 14 ausgerichtet, so daß die beiden Strahlen a und b effektiv auf die lichtempfindlichen Flächen der Lichtempfangselemente der Empfänger 5 und 17 einfallen.

In Fig. 3 ist ein spezifischer Aufbau der Steuerschaltung 15 gemäß Fig. 1 dargestellt und weist Bandpaßfilter (BPF) 51 bis 54 auf. Die vier Ausgangssignale X^+ , X^- , Y^+ und Y^- des Strahlpositionssensors 14 werden jeweils an die BPFs 51 bis 54 angelegt, die geeignet sind, die Frequenzkomponente f_1 (1 kHz) der Signalfolge des Strahls a zu extrahieren. Ein Subtrahierer 55 erzeugt ein X-Achsensteuersignal, das eine Differenz zwischen dem X^+ - und dem X^- -Signal darstellt, während ein Subtrahierer 56 ein Y-Achsensteuersignal erzeugt, das eine Differenz zwischen dem Y^+ - und dem Y^- -Signal darstellt. Das X-Achsen- und das Y-Achsensteuersignal werden dem Spiegeltreiber 18 zugeführt. Als Antwort darauf verstellt der Treiber 18 die Winkelposition des Spiegels 11 in der X- und Y-Richtung, so daß das X- und das Y-Achsensteuersignal null sind. Man beachte, daß die Drehrichtungen des Spiegels jeweils einzeln mit der X- und der Y-Achse des Strahlpositionssensors 14 übereinstimmen.

Die Subtrahierer 55' und 56' werden später zusammen mit der Ausführungsform beschrieben, die sich auf die Vorwärtseinstellschaltung bezieht.

Fig. 4 zeigt einen anderen spezifischen Aufbau der Steuerschaltung 15, in der die Subtrahierer 55 und 56 gemäß Fig. 3 durch Subtrahierer 57 und 58, einen Addierer 59 und Teiler 60 und 61 ersetzt sind. Der Subtrahierer 57 subtrahiert ein Ausgangssignal des BPF 52 von dem des BPF 51, während der Subtrahierer 58 ein Ausgangssignal des BPF 54 von dem des BPF 53 subtrahiert. Der Addierer 59 summiert Ausgangssignale der BPF 51 bis 54. Der Teiler 60 teilt ein Ausgangssignal des Subtrahierers 57 durch das des Addierers 59, während der Teiler 61 ein Ausgangssignal des Subtrahierers 58 durch das des Addierers 59 teilt. Somit werden jeweils ein X-Achsen- und ein Y-Achsensteuersignal von den Teilern 60 und 61 ausgegeben, die die Differenzsignale $(X^+ - X^-)$ und $(Y^+ - Y^-)$, die mit der Frequenzkomponente f_1 verbunden sind, mit der Summe der Signal-komponenten f_1 X^+ , X^- , Y^+ und Y^- normieren, die jeweils von den BPF 51 bis 54 abgegeben werden. Dadurch wird die Schwankung des X- und des Y-Achsensteuersignals unterdrückt, die auf die Änderung der Leistung des Sensors 14 zurückzuführen ist.

Man beachte, daß die Steuerschaltung 16 genauso aufgebaut ist wie die Steuerschaltung 15, außer daß das Durchlaßband ihrer BPF 51 bis 54 f_2 (= 10 kHz) beträgt. Der Spiegel 9 wird ebenfalls genauso angetrieben wie der Spiegel 11.

Wie oben beschrieben, steuert der Satellit 200 die Spiegel 9 und 11, um die Strahlen a und b mit dem Mittelpunkt der X- und Y-Achse des Strahlpositionssensors 14 auszurichten. Wenn also der Strahl a vom geostationären Satelliten 100 aufgrund einer Verschiebung des Satelliten 100 vom Mittelpunkt des Sensors 14 abweicht, wird der Spiegel 11 gesteuert, bis die Abweichung des Strahls a null wird. Als Ergebnis wird die optische Achse des vom Transmitter 8 kommenden Strahls b mit der des Strahls a, die vom Satelliten 100 emittiert wird, ausgerichtet, wodurch bidirektionale Übertragung möglich wird. Auch wenn ferner die optischen Achsen der Strahlen a und b aufgrund der Bewegung der dichroitischen Spiegel 4, 10 und 13 verschoben werden, was durch Temperaturänderungen oder Alterung verursacht werden kann, wird die Verschiebung sofort vom Sensor 14 wahrgenommen, so daß die Spiegel 9 und 11 so gesteuert werden, daß sie optisch ausgerichtet sind.

Die Spiegel 9 und 11, die in Fig. 1 so dargestellt sind, als ob sie einen einzelnen Spiegel umfaßten, können jeweils mit einem X-Achsen- und einem Y-Achsen-Galvanometerspiegel ausgeführt sein, der von einem X-Achsen- und einem Y-Achsentreibsignal getrieben wird. Ferner haben die Frequenzen f_1 und f_2 , die jeweils den Signalfolgen der Strahlen a und b zugeordnet sind, und die spezifischen Wellenlängen der Laserdioden lediglich darstellenden und keinen einschränkenden Charakter.

In Fig. 5 ist ein spezifischer Aufbau der Treiber 2 und 7 zusammen mit einer Laserdiode dargestellt. In der Figur sind Transistoren 21 und 22 über ihre Emittoren miteinander verbunden. Eine Laserdiode 30 ist mit dem Kollektor des Transistors 21 verbunden, 50-Mb/s-Übertragungsdaten werden der Basis des Transistors 21 zugeführt, und eine Referenzspannung V_{ref} wird an die Basis des Transistors 22 angelegt. Ein 1- oder 10-kHz-Analogsignal (Sinuswelle) wird der Basis eines Transistors 23 in Abhängigkeit von den optischen Transmittern 3 oder 8 zuge-

führt. Der Vorspannungsstrom der Laserdiode wird auf einen Schwellwert gesetzt und wird der Laserdiode zusammen mit einem Pulsstrom der 50-Mb/s-Übertragungsdaten zugeführt. Das Analogsignal bewirkt eine Amplitudenänderung von etwa 5 bis 10 % bei den Übertragungsdaten. Die optische Ausgangswellenform der Laserdiode 30 ist in Fig. 6 dargestellt.

Während der Satellit 200 gemäß Fig. 1 nur einen einzigen optischen Transmitter hat, kann er auch zwei oder mehr optische Transmitter haben, vorausgesetzt, daß die Strahlen, die von den einzelnen Transmittern ausgehen, sich voneinander in bezug auf ihre Wellenlänge unterscheiden und mit voneinander unterschiedlichen Frequenzen moduliert sind. Ferner sind in einem solchen Mehrfachtransmittersystem zusätzliche Steuerungsschaltungen auf der Ausgangsseite des Strahlpositionssensors 14 erforderlich, um Frequenzkomponenten, die in den Signalfolgen der entsprechenden Strahlen enthalten sind, zu extrahieren, so daß die X-Y-getriebenen Spiegel von einem X- und einem Y-Treibsignal gesteuert werden können, um die optischen Achsen der Strahlen von den Transmittern mit dem Mittelpunkt des Sensors 14 auszurichten.

Obwohl beide Satelliten 100 und 200 als stationär angenommen worden sind, kann einer von ihnen sich relativ zum anderen bewegen oder sogar durch eine Erdstation ersetzt werden.

Für den Fall, daß sich der Satellit 100 relativ zum geosynchronen Satelliten 200 bewegt, werden die Vorwärtseinstellschaltung 20 gemäß Fig. 1 und die Subtrahierer 55' und 56' gemäß Fig. 3 verwendet. Eine solche relative Bewegung erfordert, daß der Lichtstrahl b vorwärtseingestellt wird, um den optischen Empfänger des beweglichen Satelliten 100 zu erreichen (eine Vorwärtseinstellwirkung ist beschrieben in Kim A. Winick, "Atmospheric turbulence-induced signal fades on optical heterodyne communication links", APPLIED OPTICS, Vol. 25, No. 11, 1. Juni 1986, S. 1817 bis 1825, insbesondere S. 1823 und Fig. 6). Die Vorwärtseinstellschaltung 20 gibt die Vorwärtseinstellsignale X_0 , Y_0 an die Subtrahierer 55' bzw. 56' ab. Der Subtrahierer 55' subtrahiert das Signal X_0 vom Ausgangssignal des Subtrahierers 55. Der Subtrahierer 56' subtrahiert das Signal Y_0 vom Ausgangssignal des Subtrahierers

56. Dann wird der X-Y-getriebene Spiegel 9 vom Spiegeltreiber 19 gesteuert, so daß das X- und das Y-Achsensteuersignal vom Subtrahierer 55', 56' null sind. Die Signal X_0 , Y_0 werden entsprechend der Bewegungsgeschwindigkeit und der Richtung des Satelliten 100 bestimmt. Dadurch wird der Strahl b vom Satelliten 200 durch den Spiegel 9 bewegt, so daß der Strahl b vom Empfänger 5 im Satelliten 100 empfangen werden kann. Wenn die Ausgangssignale der Subtrahierer 55', 56' null sind, wird der Strahl b nicht mehr im Mittelpunkt der X- und der Y-Koordinate des Sensors 14 empfangen, sondern so gelenkt, daß er an der ersten Referenzposition am Sensor 14 empfangen wird. In diesem Fall wird der angetriebene Spiegel 11 so gesteuert, daß der Strahl a vom beweglichen Satelliten 100 im Mittelpunkt der X- und der Y-Koordinate empfangen wird, der eine zweite Referenzposition ist.

Obwohl der Satellit 100 beim oben beschriebenen bidirektionalen Übertragungssystem ein solches optisches Ausrichtungssystem, wie es im Satelliten 200 eingebaut ist, nicht enthält, kann der Satellit 100 mit dem gleichen optischen Ausrichtungssystem ausgerüstet werden.

In Fig. 7 ist eine Laserbearbeitungsvorrichtung, für die eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform verwendet wird, dargestellt. Wie dargestellt, weist das optische Ausrichtungssystem, das in der Laserbearbeitungsvorrichtung installiert ist, auf: einen Helium-Neon-(He-Ne-)Laser 21 zum Emittieren eines sichtbaren Laserstrahls auf, der geeignet ist, einen Punkt eines in Bearbeitung befindlichen Werkstücks 28, nämlich einen Meßstrahl d, zu beobachten, einen Yttrium-Aluminium-Granat-(YAG-)Laser 24 zum Emittieren eines Laserstrahls, der geeignet ist, das Werkstück 28 zu bearbeiten, nämlich einen Bearbeitungslaserstrahl c, und einen Strahlpositionssensor 30 zum Messen der optischen Achsen des Meßstrahls d und des Bearbeitungsstrahls c. Der He-Ne-Laser 21 emittiert einen Dauerstrahl, dessen Wellenlänge und Ausgangsleistung 0,63 μm bzw. 10 mW sind. Dagegen emittiert der YAG-Laser 24 einen Dauerstrahl, dessen Wellenlänge und Ausgangsleistung 1,06 μm bzw. 20 W sind.

Der Strahl c des YAG-Lasers 24 wird von einem X-Y-getriebenen Spiegel 34 und einem dichroitischen Spiegel 25 reflektiert, dann durch dichroitische Spiegel 26 und 29 hindurchgeführt und dann durch eine Linse 27 auf das Werkstück 28 konvergiert. Der Strahl des He-Ne-Lasers 21 wird von einem
5 akustisch-optischen (A-O-)Modulator 22 moduliert, um den Meßstrahl d zu erzeugen. Dieser Meßstrahl d wird von einem X-Y-getriebenen Spiegel 23 reflektiert, dann durch den dichroitischen Spiegel 25 und die dichroitischen Spiegel 26 und 29 hindurchgeführt und dann durch die Linse 27 auf den gleichen
10 Punkt des Werkstücks 28 wie der Bearbeitungsstrahl c konvergiert. Der Meßstrahl d, der vom Werkstück 28 reflektiert wird, wird vom dichroitischen Spiegel 29 über die Linse 27 reflektiert, damit die Oberfläche des in Bearbeitung befindlichen
15 Werkstücks 28 von einer Vorrichtung, nicht dargestellt, beobachtet werden kann.

Der dichroitische Spiegel 26 reflektiert einen Teil des Bearbeitungsstrahls c und des Meßstrahls d. Die Strahlen, die vom Spiegel 26 reflektiert werden, fallen auf den Strahlpositionssensor 30 und werden dadurch in ein elektrisches Signal
20 umgewandelt. Der Strahlpositionssensor 30 ist wiederum mit einer Sammellinse und einer viertellichtempfindlichen Vorrichtung ausgeführt, wie in Fig. 2 dargestellt. Die Steuerschaltungen 31 und 32 steuern auch jeweils die Spiegeltreiber 33 und 35 und dadurch die Spiegel 34 und 23 als Antwort auf die
25 Ausgangssignal des Sensors 30, so daß die optischen Achsen der Laserstrahlen c und d einzeln mit dem Mittelpunkt der X- und der Y-Achse der lichtempfindlichen Vorrichtung des Sensors 30 ausgerichtet werden können.

Der A-O-Modulator 22 weist eine Schaltung zum Überlagern einer Rechteckwelle, die eine Wiederholfrequenz von 20 MHz aufweist, mit einer 10-kHz-Sinuswelle auf, um ein Signal
30 zu erzeugen, das in Fig. 8 dargestellt ist. Das Ausgangssignal dieser Schaltung wird an einen Wandler einer akustisch-optischen Vorrichtung übergeben, die dann einen Meßstrahl d erzeugt, der mit der Signalwellenform gemäß Fig. 8 verbunden ist. Da der Aufbau des A-O-Modulators 22 bekannt ist, wird er
35 hier nicht näher beschrieben, um Wiederholungen zu vermeiden.

Die Steuerschaltung 32 gemäß Fig. 7 hat den gleichen Aufbau wie die Steuerschaltung, die in Fig. 4 dargestellt ist, außer daß der Durchlaßbereich ihrer BPF 51 bis 54 10 kHz beträgt, nämlich die Frequenzkomponente des Signalmeßstrahls d.

Die Steuerschaltung 31 entsteht, wenn die BPF 51 bis 54 durch einen Gleichstromglätter ersetzt werden, der auf die Komponente anspricht, die mit dem Dauerlaserstrahl c verbunden ist. Obwohl in diesem Fall das Ausgangssignal des Gleichstromglätters eine ermittelte Signalkomponente des Meßstrahls d aufweisen würde, wäre eine solche Komponente viel kleiner als die ermittelte Signalkomponente des Bearbeitungsstrahls c und dadurch vernachlässigbar. Daraus folgt, daß das X-Achsen- und das Y-Achsensteuersignal, die an den Ausgängen der Steuerschaltungen 31 bzw. 32 auftreten, auf der Grundlage der Abweichungen des Bearbeitungsstrahls c und des Meßstrahls d in der X- und der Y-Richtung relativ zum Sensor 30 veränderlich sind. Die Spiegel 34 und 23 werden von den Spiegeltreibern 33 bzw. 35 getrieben, bis die Abweichungen der Strahlen c und d null werden.

Zusammengefaßt erkennt man, daß die Erfindung ein optisches Ausrichtungssystem bereitstellt, das in der Lage ist, die optischen Achsen mehrerer Strahlen, die jeweils eine andere Wellenlänge haben, durch Steuern mit einer vorbestimmten optischen Achse oder mit vorbestimmten optischen Achsen auszurichten. Da eine solche Ausrichtung ständig und automatisch durchgeführt wird, werden die für die Wartung und Inspektion erforderlichen Kosten, nämlich für das erneute Ausrichten der optischen Achsen usw., herabgesetzt.

EP-B-O 287 032
(88 10 5807.7)
NEC CORPORATION
u.Z.: X 475 EP

5

Patentansprüche

1. Optisches Ausrichtungssystem mit:
 - einer ersten und einer zweiten Lichtquelleneinrichtung (3, 8, 21, 24) zum Emittieren eines ersten bzw. eines zweiten Lichtstrahls mit einer jeweils anderen Wellenlänge;
 - 10 einer ersten und einer zweiten Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) zum Modulieren der ersten bzw. der zweiten Lichtquelleneinrichtung;
 - einer optischen Strahlmultiplexereinrichtung (4, 10, 11, 12) zum Multiplexieren des ersten Lichtstrahls und des
 - 15 zweiten Lichtstrahls;
 - einer Strahlpositionssensoreinrichtung (14, 30) zum Empfangen des ersten und des zweiten Lichtstrahls von der Multiplexereinrichtung, um elektrische Signale zu erzeugen, die Informationen in bezug auf tatsächliche Positionen an der
 - 20 Strahlpositionssensoreinrichtung darstellen;
 - einer ersten und einer zweiten Steuereinrichtung (15, 16, 31, 32) zum Erzeugen eines ersten und eines zweiten Steuersignals aus den elektrischen Signalen; und
 - einer Strahlausrichteinrichtung (18, 19, 33, 35) zum
 - 25 Ausrichten von optischen Achsen des ersten optischen Strahls und des zweiten optischen Strahls als Antwort auf das erste Steuersignal bzw. das zweite Steuersignal, dadurch gekennzeichnet, daß
 - die erste und die zweite Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) den ersten und den zweiten Lichtstrahl mit dem ersten
 - 30 bzw. dem zweiten Modulationssignal mit verschiedenen entsprechenden Frequenzen modulieren,
 - die erste und die zweite Steuereinrichtung das erste bzw. das zweite Modulationssignal extrahieren, die gleichzeitig von der Strahlpositionssensoreinrichtung ausgegeben werden
 - 35 und die jeweils proportional den Differenzen der tatsächlichen

Positionen auf der Strahlpositionssensoreinrichtung sind, auf die der erste und der zweite Lichtstrahl gleichzeitig einfallen, und zwar mit Bezug auf die vorbestimmte erste und zweite Referenzposition, und

5 die Ausrichtung, die von der Strahlausrichteinrichtung durchgeführt wird, fortgesetzt wird, bis der erste und der zweite Lichtstrahl auf die erste bzw. die zweite Referenzposition einfallen.

10 2. Optisches Ausrichtungssystem nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Modulationseinrichtung (3, 8, 21, 24) den ersten Lichtstrahl und den zweiten Lichtstrahl mit Amplitudenmodulation modulieren.

15 3. Optisches Ausrichtungssystem nach Anspruch 1, das für ein Übertragungssystem mit zwei Stationen (100, 200) geeignet ist, dadurch gekennzeichnet, daß

die Strahlpositionssensoreinrichtung (14), die erste und die zweite Steuereinrichtung (15, 16) und die Strahlausrichteinrichtung (18, 19) in einer der beiden Stationen zusammen angeordnet sind.

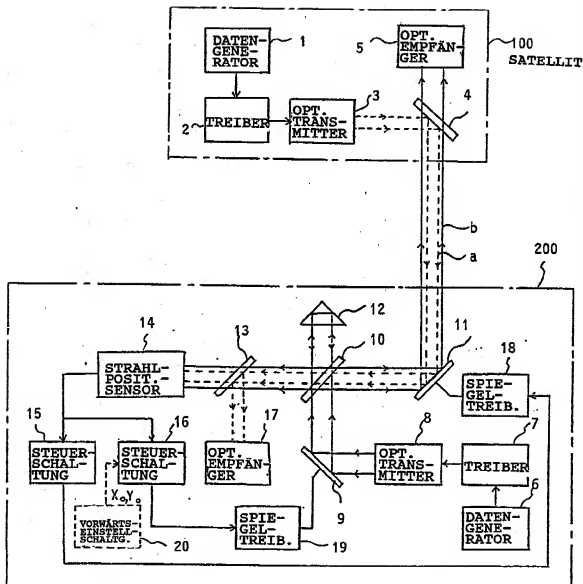


FIG. 1

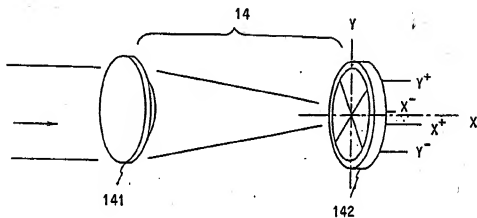


FIG. 2

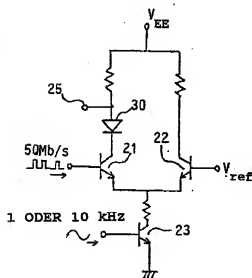


Fig. 5

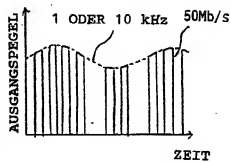


Fig. 6

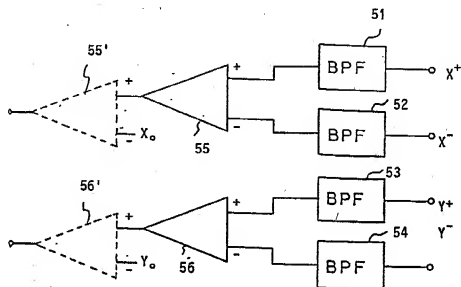


FIG. 3

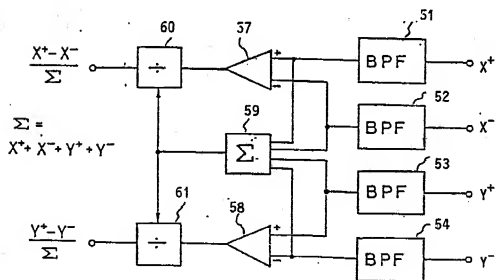


FIG. 4

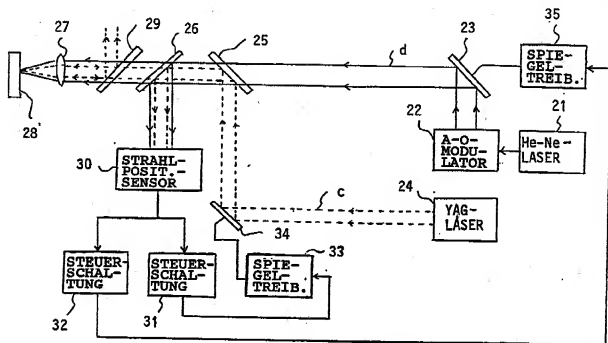


FIG. 7

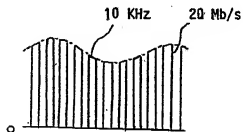


FIG. 8